УДК 622.833

М.А. Лушев, В.А. Павлов, Е.П. Корельский, А.В. Патутин

ОРИЕНТАЦИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РФ ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СКВАЖИНАХ

Знание ориентации горизонтальных напряжений необходимо при обосновании азимута наиболее устойчивых скважин при бурении в нестабильных породах, а также азимута расположения горизонтального ствола скважины и ориентации перофрации с точки зрения вероятности пескопроявления. Всемирная база данных и карта ориентации горизонтальных напряжений реализованный в World-Stress-Map содержит мало данных на территории РФ. Отсутствие значительной базы данных по ориентации горизонтальных напряжений в РФ связано с режимом максимального сохранения данных в рамках компании и отсутствием централизованного сбора данных с различных недропользователей. Проведен сбор данных по ориентации горизонтальных напряжений на территории РФ на основании публикаций в открытых источниках по скважинным данным в интервале глубин 1–4 км. Формирование такой начальной базы может послужить залогом последующего формирования расширенной базы в которую можно будет вкладывать данные и тем самым способствовать процессам оптимизации разработки месторождений.

Ключевые слова: ориентация напряжений, наклономер, имиджи стенок скважины, гидроразрыв.

Введение

На рис. 1 представлен регион карты данных, собранных в ходе работы над проектом World Stress Map, и относящийся к территории РФ [1]. Как можно отметить, на этой карте присутствуют только данные, выделенные в рамках обработки фокальных механизмов землетрясений, а также выделенные по геологическим особенностям структур. Большая часть данных относится к сейсмически опасным регионам, которые, за исключением Сахалинской области, не являются основными нефтегазовыми провинциями (НГП) России.

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 3. С. 337–349.
© 2017. М.А. Лушев, В.А. Павлов, Е.П. Корельский, А.В. Патутин.

В настоящее время существует огромное количество технологий, позволяющих определить ориентацию главных горизонтальных напряжений. Можно поделить их на две группы: региональные (по геологическим признакам, по методу фокального механизма землетрясений и т.д.) и скважинные (записи имиджеров в скважинах, пассивный микросейсмический мониторинг и т.д.). Все эти технологии обладают рядом преимуществ и недостатков, которые будут рассмотрены ниже. Так как поле напряжений часто обладает значительной изменчивостью, то наибольший интерес представляют именно скважинные данные, которые позволяют понять, сохраняется ли ориентация напряжений в пределах месторождения, НГП или характеризуется значительными переориентациями.

Ориентация горизонтальных напряжений оказывает значительное влияние на различные стадии разработки месторождений: оптимальный азимут горизонтального участка буримых скважин (с точки зрения устойчивости при бурениий); оптимальный азимут скважины (с точки зрения последующего проведения МГРП); подбор ориентации перфорационных отверстий (с точки зрения минимизации вероятности пескопроявления); определение ориентации реактивируемых разломов/трещин.

Изменение пластовых давлений в ходе разработки месторождения может приводить, в том числе, к переориентации горизонтальных напряжений. В этом случае необходимо проведение поэтапных геомеханических расчетов и/или постоянных измерений ориентации напряжений. Особенно это важно в случае

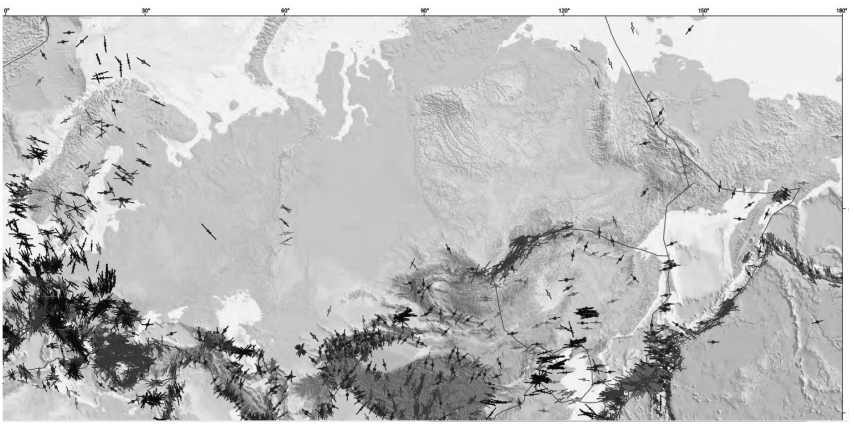


Рис. 1. Информация по ориентации максимального горизонтального напряжения на территории РФ (по базе данных World-Stress-Map)

массированного использования технологии МГРП как элемента разработки месторождений и наличия большого количества нагнетательных скважин с возможно сформированными трещинами авто-ГРП.

Методы оценки ориентации напряжений

В данном разделе приведены основные скважинные (локальные) методы, при этом порядок представления методов соответствует степени достоверности определения ориентации напряжений.

Необходимо отметить, что при проведении геомеханического моделирования построение карт направлений распределения горизонтальных напряжений по площади месторождения производится с учетом регионального тренда (полученного региональными методами) и локального изменения за счет точечных измерений. В таблице приведены основные «региональные» и «локальные» методы.

Микроимиджеры позволяют исследовать скважины, заполненные электропроводящим (электрические микроимиджеры) и инертным раствором, а результаты исследований представ-

Способы оценки направления горизонтальных напряжений

Локальные	Региональные
Пластовые микроимиджеры	Анализ фокальных механизмов землетрясений
Кросс-дипольный акустический каротаж	Широко-азимутальная сейсмика
Поверхностные наклономеры	Интерпретация разломно-блокового строения
Микросейсмический мониторинг ГРП	Анализ тектонического строения и основных этапов деформации (палеореконструкция)
Ориентированная кавернометрия (от 6 и больше лапок)	Геологические индикаторы (зеркала скольжения, направления складок, разломов)
Иследование кернового материала: одноосное сжатие ориентированного керна; одноосное сжатие керна с последующими палеомагнитными исследованиями	

лять в виде непрерывной картины поверхности пород стенки скважины – картинка в развернутом виде. Оценка ориентации максимального и минимального горизонтального стрессов по данным микроимиджера основывается на определении направления техногенной трещиноватости или вывалов, соответственно.

Для изучения анизотропии скоростей и ориентации напряжений в горизонтальной плоскости могут быть проанализированы результаты интерпретации данных кросс-дипольного акустического каротажа, где для определения масштаба и азимута направления анизотропии используется методика, основанная на поляризации поперечной волны за счет комбинации зарегистрированных полей до получения быстрой (параллельно основному вектору максимальных напряжений) и медленной (перпендикулярно вектору максимальных напряжений) волн.

Скважинный и поверхностный и микросейсмический мониторинг, изучение поверхностными наклономерами при проведении ГРП позволяют получить информацию о геометрии трещины, путем регистрации возникающих при росте ГРП микросейсмических событий или смещений земной поверхности в результате роста трещины. Направление трещины в данном случае принимается равным максимальному горизонтальному напряжению.

Оценка направления максимального и минимального горизонтального стресса по данным ориентированного многорычажного каверномера основывается на определении направления техногенных вывалов и интервалов овализации ствола скважины.

Построение карты ориентации горизонтальных напряжений

Основные попытки сбора информации о данных направления и величинах напряжений в массиве горных пород [2, 3, 4, 30] чаще всего включали только данные измерений с рудников и шахт или были попыткой переинтерпретировать данные из первоначального источника [1]. В данной статье выполнена работа по сбору и анализа данных скважинных измерений об ориентации напряжений на территории РФ. При этом данные, полученные из обработки фокальных механизмов землетрясений, геологических параметров не принимались во внимание, так как не позволяют, во-первых, выделить локальную ориентацию напряжений, во-вторых, эти данные чаще всего не приурочены

к основным НГП РФ, которые являются основной зоной интереса данного исследования. К сожалению, авторы публикаций не уделяют должного внимания информации по ориентации напряжений, и чаще всего эта информация носит вторичный характер и имеет только качественное значение. При выполнении данного анализа вся графическая, табличная информация из открытых публикаций была использована для определения ориентации напряжений.

Анализируя собранные данные, можно увидеть, что наибольшее количество данных получено по Западной-Сибири и Тимано-Печерской области, остальные зоны отличаются единичными замерами. Следует отметить, что часть полученных величин ориентаций напряжений на активно разрабатываемых месторождениях может быть не начальной, так как разработка месторождений и последующее снижение пластового давления могут приводить к значительной переориентации направления напряжений. Ниже более подробно рассмотрим собранную информацию для каждого региона в отдельности.

Для территории европейской части РФ данные об ориентации напряжений присутствуют для Кольского полуострова, Каспийского моря и локальные измерения для Русской равнины [5, 6, 7, 24–27, 31, 35, 42]. Ориентация максимальных горизонтальных напряжений для Центральных районов составляет около 140°, для Кольского полуострова изменяется от 60° до 90°. В Прикаспийском районе данные замеров свидетельствуют об ориентации максимальных напряжения 100–160° со значительными неоднородностями в районе Кавказкого хребта.

Собранные данные для Приуральской территории свидетельствуют о субширотной ориентации максимального горизонтального напряжения [29, 32, 38, 43]. Для Тимано-Печерской НГП это направление также сохраняется с присутствием локальных измерений свидетельствующих об ортогональном направлении.

Западная Сибирь традиционно считается регионом с выдержанной ориентацией напряжений составляющей ~330°. В целом данное предположение подтверждается, однако имеется значительное количество данных, свидетельствующее об ориентации максимальных горизонтальных напряжений на некоторых месторождениях до 30° [8–21, 23, 28, 36, 37, 39–41].

Для районов Восточной Сибири [19, 22, 33–34] опубликованные значения ориентации напряжений разрозненные и неоднородны, поэтому выделить доменирующие значения пока не

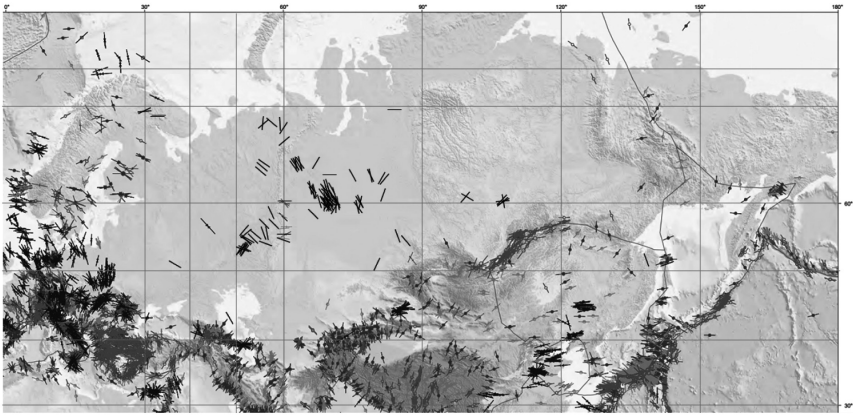


Рис. 2. Обновленная карта ориентации максимального горизонтального напряжения на основании собранной информации по скважинным исследованиям

удается. Данный регион в настоящее время является одним из основных активно разрабатываемых регионов в рамках деятельности всех крупнейших российских компаний. Поэтому информация об ориентации напряжений в этом случае имеет большое значение для бурения и разработки месторождений в регионе.

Основы создания базы об ориентации напряжений, заложенные в настоящей статье, должны послужить хорошей основой для формирования расширенной работы по определению ориентации основных горизонтальных напряжений в нефтегазовых провинциях РФ, и также показать добывающим компаниям что не всегда региональное направление является однозначным на всех месторождениях провинции и что локальные вариации ориентации напряжений должны учитываться при выборе системы разработки месторождения.

Заключение

Анализ данных об ориентации напряжений верхней части Земной коры (в интервале 1–4 км) по скважинным данным (имиджи, запись микросейсмических событий при ГРП, палеонамагниченность керна, акустический широкополосный каротаж) позволил сформировать достаточно полную карту для территории РФ.

Областями с наименьшим количеством существующих открытых данных остается Восточная Сибирь и территории Арктического и Черноморского шельфа.

Сформированная карта ориентации горизонтальных напряжений в РФ позволяет выделить доминирующее значение ориентации напряжений, однако наличие локальных неоднородностей свидетельствует о необходимости проведения таких исследований на месторождениях, желательно на начальных стадиях их разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zoback M. L.* First and second order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project // J. Geophys. Res. – 1992. – Vol. 97. – Pp. 11703–11728.

2. *Коптев А. И.*, *Ершов А. В.*, *Маловичко Е. А.* Интерполяция и экстраполяция данных «мировой карты напряжений» / Материалы второй молодежной тектонофизической школы-семинара: сборник научных статей. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – С. 130–138.

3. *Козырев А. А.*, *Савченко С. Н.* Закономерности распределения тектонических напряжений в верхней части земной коры // Физика земли. – 2009. – № 11. – С. 34–43.

4. *Зубков А. В.* Напряженное состояние земной коры Урала // Литосфера. – 2002. – № 3. – С. 3–18.

5. *Zeng X., MacBeth C.* Shear-wave anisotropy estimations in the Romashkino Field, Russia // 62nd Ann. Int. Meet., Soc. Explor. Geophys., Expanded Abstracts. – 1992. – Pp. 295–298.

6. *Подъячев А. А.*, *Доровских И. В.*, *Живаева В. В.* Определение направления действия максимального горизонтального напряжения по данным инклинометрии вертикальных скважин // Территория нефтегаз. – 2015. – № 8. – С. 16–18.

7. *Хисамов Р. С.*, *Ахметгареев В. В.* Оптимизация расположения горизонтальных стволов и направления трещин при многоступенчатом гидроразрыве низкопроницаемого пласта: компромисс между начальным дебитом нефти и конечной нефтеотдачей / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2015.

8. *Семенов А. А.*, *Макарова Е. С.*, *Ишмуратов И. Ф.* Разработка методики определения развития техногенной трещиноватости по площади и по разрезу на основе промысловых данных и ГИС на примере пласта ЮВ1 Варынгского месторождени / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2015.

9. *Митяев М. Ю.*, *Белозеров Б. В.*, *Лукин С. В.* Восстановление геомеханической модели для выбора стратегии разработки / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2014.

10. *Klauder Z., Nikolaev M., Leskin F., Martynov M., Shishmanidi I. etd.* First High-Rate Hybrid fracture in Em-Yoga field, West Siberia, Russia / Offshore technology conference asia – 2014.

11. *Бучан А., Фазлетдинов М., Окафор З., Шульга В.* Анализ Восточно-Сибирского месторождения: глобальный обзор повышения эффективности буровых работ / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2012.

12. *Марино С., Волокитин Е., Хабаров А., Маут К. Д., Ишмеев Т.*, *Муллен К. Т.*, *Бутула К. К.* Комплексный подход к проведению ГРП

ачимовских пластов на месторождениях Западной Сибири / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2010.

13. *Kuzmina S., Butula K. K., Nikitin A.* Reservoir pressure deplition and water flooding influencing hydraulic fracture orientation in low-permeability oilfield // SPE European Formation Damage Conference. – 2009.

14. *Миронов В. С., Дияшев И. Р.*, *Бровчук А. В.*, *Стэнли Г. Р.*, *Дэвидсон Б. М.* Картирование трещин ГРП поверхностными наклономерами на Пальниковском месторождении Западной Сибири: Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2008.

15. *Аян С., Ашуров В., Алпатов А., Дияшев И.* Прямые измерения минимального горзонтального стресса, проницаемости и анизотропии проницаемеости на месторождении Западной Сибири с использованием испытателя пластов на кабеле / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

16. *Nikitin A., Yudin A., Latypov I., Haidar A., Borisov G.* Hydraulic fracture geometry investigation for successful optimization of fracture modeling and overall development of Jurassic formation in Western Siberia / Asia Pacific Oil and Gas Conference SPE. – 2009.

17. *Горин В., Марносов А.* Многостадийные ГРП: перспективная технология для разработки трудноизвлекаемых запасов // Новатор. – 2012. – № 6 (52).

18. *Самойлов М. И.*, *Назаревич В. В.* Практика многостадийных ГРП в ТНК-ВР: достоинства и недостатки технологий / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE, 2013.

19. *Ниспен Д.Дж., Хант Дж., Хартуик А., Трофимов А. В.* Применение технологии управляемого заводнения при давлении трещинообразования, в режиме контролируемого гидроразрыва, на морском месторождении Пильтун-Астохское, о. Сахалин, Россия / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

20. *Никитин А., Пасынков А., Макарычев Г., Маньер Ж., Сандер Р., Чаркашнев С.* Дифференциальная акустическая анизотропия в обсаженных скважинах для оценки геометрии трешин ГРП в Западной Сибири, Россия / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

21. *Пуатрено А., Ферран П., Пужет П., Маньер Ж.* Успешный кислотный гидроразрыв пласта (ГРП) в неблагоприятных условиях Харьягинского месторождения: полученный опыт и комплексная оценка работ / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

22. *Соколов Е., Макарычев Г., Троицкая Е., Тухтаев Р.* Выделение и оценка параметров трещинных зон низкопористого коллектора для планирования горизонтального и эксплуатационного бурения / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

23. *Садыков М. Р.*, *Пасынков А. Г.*, *Никитин А. Н.*, *Стенин В. П.*, *Метлин В. В.*, *Добрынин С. В.* Обобщение опыта сопровождения работ ГРП с использованием аппаратуры поляризационного кросс-дипольного каротажа / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2006.

24. *Stenin V. P.*, *Delia S. V.*, *Levchenko V. S.*, Vereschahin S., *Butula K. K.*, Enkababian P. First hydraulic fracturing from a supply vessel in Russian Caspian Sea / Russian Oil & Gas Exploration & Production technical conference. – 2012.

25. *Богданов С., Делия С., Лацин Д., Ахметов М., Гагаев Ю., Удодов А.* Бурение скважин с большим отходом мирового класса в северной части Каспийского моря / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2012.

26. *Валисевич А., Штунь С., Звягин В., Голенкин М., Садыков Л., Очеретяный А., Хаков А., Голубцов Р.* Эволюция в применении геомеханики на месторождении им. Юрия Корчагина, Север Каспийского моря / Каспийская техническая нефтегазовая конференция SPE. – 2015.

27. *Golenkin M., Shtun A., Khaliullov I., Sadykov L., Zakharov I.* Integration of methods for forecasting and identification of rock faults and fracture zones to reduce risks at their crossover during extended reach drilling of long horizontal sections (6000 m) in Yuri Korchagin field / Russian Oil & Gas Exploration & Production technical conference. – 2014.

28. *Мельников Л., Мартынов М., Демин В., Черевко М., Зарай Е., Езерский Д., Карпекин Е., Вейнхебер П., Филимонов А., Новиков С., Блинов В., Михальцева И.* Выделение потенциально-продуктивных интервалов и детальное изучение петрофизических свойств нефтематеринских пород отложений баженовской свиты с помощью специального комплекса ГИС / Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. – 2015.

29. *Нугманов И. И.*, *Нугманов Е. В.*, *Михайлов С. А.* Пространственно-временной анализ микросейсмической эмиссии в процессе проведения многостадийного гидроразрыва пласта / Четвертая молодежная тектонофизическая школа-семинар: сборник научных статей. – М.: ИФЗ РАН, 2015.

30. *Ахмедов М. Б.*, *Шлюнкин А. В.*, *Лукьянов И. В.*, *Ребецкиб Ю. Л.* Поле современных напряжений земной коры на сайте ИФЗ РАН «GLOBAL STRESS MAP» / Четвертая молодежная тектонофизическая школа-семинар: сборник научных статей. – М.: ИФЗ РАН, 2015.

31. *Хисамов Р. С.*, *Ахметшина А. С.*, *Таипова В. А.*, *Салихов М. М.*, *Шарапов И. Р.* Пассивный наземный микросейсмический мониторинг гидроразрыва пласта в нагнетательных скважинах ОАО «Татнефть»: Результаты и их достоверность // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 7.

32. *Кашников Ю. А.*, *Ашихмин С. Г.*, *Шустов Д. В.*, *Кондратьев С. А.*, *Уточкин Ю. В.* Напряженное состояние продуктивных объектов нефтяных месторождений Западного Урала // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 5.

33. *Кашников Ю. А.*, *Шустов Д. В.*, *Якимов С. Ю.*, *Красильникова Н. Б.* Гидродинамическое моделирование разработки участка Юрубчено-Тохомского месторождения на основе геолого-геомеханической модели // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 4.

34. *Khural H., Rai U. R., Kumar R., Marpaung B., Faulkner A., Kumar R.* Limitations of using smart wells to achieve waterflood conformance in stacked heterogeneous reservoir: case stady from piltun field / Offshore technology conference asia. – 2016.

35. *Кизим О. В.*, *Марченко И. Р.* Анализ эффективности проведения ГРП и перспективы дальнейшего его применения на карбонатных отложениях данково-лебедянского горизонта / Молодежная научно-практическая конференция института «ТатНИПИнефть»: сборник научных трудов. – 2014.

36. *Александров С. И.*, *Гогоненков Г. Н.*, *Пасынков А. Г.* Пассивный сейсмический мониторинг для контроля геометрических параметров гидроразрыва пласта // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. – 2007. – № 3.
37. *Кулагин А., Казбулатов И., Рубцова А.* Способы контроля ГРП в Западной Сибири // ROGTEC. – 2013.
38. *Гришин П. А.*, *Ковалев К. М.* Экспериментальное определение механических свойств карбонатных коллекторов Висового месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 6.
39. *Лукин С. В.*, *Есипов С. В.*, *Жуков В. В.*, *Овчаренко Ю. В.*, *Хомутов А. Ю.*, *Шевчук Т. Н.*, *Сусляков И. В.* Расчет устойчивости ствола скважины для предотвращения осложнений при бурении // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 6.
40. *Уточкин Ю. В.*, *Рыбка В. Ф.*, *Гуляев П. Н.*, *Губина А. И.*, *Некрасов А. С.* Использование данных ВАК-Д для управления процессом ориентированного гидроразрыва пласта (ГРП) // Недра и ТЭК Сибири. – 2015. – № 5.
41. *Керусов И. Н.* Задачи интерпретации сейсмических данных на современном этапе // Сейсмические технологии. – 2014.
42. *Ловчиков А. В.*, *Удалов А. Е.*, *Белявский Ю. Г.* Напряженное состояние пород в верхних слоях земной коры по данным натурных измерений в рудниках вблизи скважины СГ-3 // Вестник МГТУ. – 2007. – т. 10. – № 2.
43. *Solovyov Y. V.*, *Alekseev B. G.*, *etl.* Microseismic monitoring of non-proppant acid hydraulic fracturing in horizontal well / Horizontal wells, first scientific workshop. – 2015. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лушев Михаил Александрович – заместитель начальника отдела, ООО «Газпром геологоразведка», e-mail: lushev.ma@bk.ru,
Павлов Валерий Анатольевич[1] – кандидат технических наук, инженер-геомеханик, e-mail: vapavlov@bk.ru,
Корельский Евгений Павлович[1] – технический руководитель группы геомехаников,
Патутин Андрей Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ИГД СО РАН,
[1] «Шлюмберже», Интегрированные нефтегазовые решения.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 3, pp. 337–349.

UDC 622.833

M.A. Lushev, V.A. Pavlov, E.P. Korel'skiy, A.V. Patutin

HORIZONTAL STRESSES ORIENTATION OF THE EARTH'S UPPER CRUST IN RUSSIAN FEDERATION ACCORDING TO INSTRUMENTAL MEASUREMENTS IN WELLS

Horizontal stress orientation is one of the important parameters in the geomechanical modelling, which is one of the factors that have a significant impact on the orientation of the fracture direction of hydraulic fracturing. It is necessary to know the horizontal stress

orientation in justifying azimuth of the most stable wells during the drilling in unstable rocks, azimuth location of the horizontal wellbore and peroforation orientation in terms of the probability of sand ingress. Unfortunately, the global database and the map of horizontal stress orientation implemented in World-Stress-Map contains a few information on the territory of Russian Federation. A lack of the significant database for horizontal stress orientation in Russian Federation can be connected with several facts; firstly, with the regime of maximum data preservation within the company, and, secondly, with a lack of the centralized data collection from a variety of subsoil users.

The main goal of this study is to collect data on horizontal stresses orientation within the territory of Russian Federation based on publications in the public domain on well data in the depth range of 1–4 km. The formation of such an initial base can serve as a key to the subsequent formation of an extended base where it can be possible to put the data in and thus contribute to the optimization processes of field development.

Key words: stress direction, tiltmeter, images of borehole walls, hydraulic fracturing.

AUTHORS

Lushev M.A., Deputy Head of Department, e-mail: lushev.ma@bk.ru,
OOO «Gazprom geologorazvedka», Tyumen, Russia,
Pavlov V.A.[1], Candidate of Technical Sciences,
Geomechanics Engineer, e-mail: vapavlov@bk.ru,
Korel'skiy E.P.[1], – Technical Team Leader Geomechanical,
Patutin A.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,
Chinakal Institute of Mining of Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, 630091, Novosibirsk, Russia,
[1] «Schlumberger», Software Integrated Solution, Tyumen, Russia.

REFERENCES

1. Zoback M. L. First and second order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. *J. Geophys. Res.* 1992. Vol. 97. Pp. 11703–11728.

2. Koptev A. I., Ershov A. V., Malovichko E. A. *Materialy vtoroy molodezhnoy tektonofizicheskoy shkoly-seminara*: sbornik nauchnykh statey (II Youth Tectonophysics School–Workshop Proceedings: Collection of scientific articles), Moscow, IFZ RAN, 2011, pp. 130–138.

3. Kozyrev A. A., Savchenko S. N. *Fizika zemli*. 2009, no 11, pp. 34–43.

4. Zubkov A. V. *Litosfera*. 2002, no 3, pp. 3–18.

5. Zeng X., MacBeth C. Shear-wave anisotropy estimations in the Romashkino Field, Russia. *62nd Ann. Int. Meet., Soc. Explor. Geophys., Expanded Abstracts*. 1992. Pp. 295–298.

6. Pod"yachev A. A., Dorovskikh I. V., Zhivaeva V. V. *Territoriya neftegaz*. 2015, no 8, pp. 16–18.

7. Khisamov R. S., Akhmetgareev V. V. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2015.

8. Semenov A. A., Makarova E. S., Ishmuratov I. F. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2015.

9. Mityaev M. Yu., Belozerov B. V., Lukin S. V. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2014.

10. Klauder Z., Nikolaev M., Leskin F., Martynov M., Shishmanidi I. etd. First High-Rate Hybrid fracture in Em-Yoga field, West Siberia, Russia. *Offshore Technology Conference Asia*, 2014.

11. Buchan A., Fazletdinov M., Okafor Z, Shul'ga V. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2012.

12. Marino S., Volokitin E., Khabarov A., Maut K. D., Ishmeev T., Mullen K. T., Butula K. K. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2010.

13. Kuzmina S., Butula K. K., Nikitin A. Reservoir pressure deplition and water flooding influencing hydraulic fracture orientation in low-permeability oilfield. *SPE European Formation Damage Conference*. 2009.

14. Mironov V. S., Diyashev I. R., Brovchuk A. V., Stenli G. R., Devidson B. M. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2008.

15. Ayan S., Ashurov V., Alpatov A., Diyashev I. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2006.

16. Nikitin A., Yudin A., Latypov I., Haidar A., Borisov G. Hydraulic fracture geometry investigation for successful optimization of fracture modeling and overall development of Jurassic formation in Western Siberia. *Asia Pacific Oil and Gas Conference SPE*. 2009.

17. Gorin V., Marnosov A. *Novator*. 2012, no 6 (52).

18. Samoylov M. I., Nazarevich V. V. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference),, 2013.

19. Nispen D.Dzh., Khant Dzh., Khartuik A., Trofimov A. V. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2006.

20. Nikitin A., Pasynkov A., Makarychev G., Man'er Zh., Sander R., Charkashnev S. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2006.

21. Puatreno A., Ferran P., Puzhet P., Man'er Zh. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2006.

22. Sokolov E., Makarychev G., Troitskaya E., Tukhtaev R. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2006.

23. Sadykov M. R., Pasynkov A. G., Nikitin A. N., Stenin V. P., Metlin V. V., Dobrynin S. V. Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE. 2006.

24. Stenin V. P., Delia S. V., Levchenko V. S., Vereschahin S., Butula K. K., Enkababian P. First hydraulic fracturing from a supply vessel in Russian Caspian Sea. *Russian Oil & Gas Exploration & Production technical conference*. 2012.

25. Bogdanov S., Deliya S., Latsin D., Akhmetov M., Gagaev Yu., Udodov A. *Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Russia Conference), 2012.

26. Valisevich A., Shtun' S., Zvyagin V., Golenkin M., Sadykov L., Ocheretyanyy A., Khakov A., Golubtsov R. *Kaspiyskaya tekhnicheskaya neftegazovaya konferentsiya SPE* (SPE Oil and Gas Caspian Conference), 2015.

27. Golenkin M., Shtun A., Khaliullov I., Sadykov L., Zakharov I. Integration of methods for forecasting and identification of rock faults and fracture zones to reduce risks at their crossover during extended reach drilling of long horizontal sections (6000 m) in Yuri Korchagin field. *Russian Oil & Gas Exploration & Production technical conference*. 2014.

28. Mel'nikov L., Martynov M., Demin V., Cherevko M., Zaray E., Ezerskiy D., Karpekin E., Veynkheber P., Filimonov A., Novikov S., Blinov V., Mikhal'tseva I. Rossiyskaya neftegazovaya tekhnicheskaya konferentsiya SPE. 2015.

29. Nugmanov I. I., Nugmanov E. V., Mikhaylov S. A. *Chetvertaya molodezhnaya tektonofizicheskaya shkola-seminar*: sbornik nauchnykh statey (IV Youth Tectonophysics School–Workshop: Collection of scientific articles), Moscow, IFZ RAN, 2015.

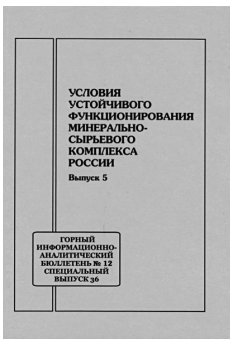
30. Akhmedov M. B., Shlyunkin A. V., Luk'yanov I. V., Rebetskib Yu. L. *Chetvertaya molodezhnaya tektonofizicheskaya shkola-seminar: sbornik nauchnykh statey* (IV Youth Tectonophysics School–Workshop: Collection of scientific articles), Moscow, IFZ RAN, 2015.

31. Khisamov R. S., Akhmetshina A. S., Taipova V. A., Salikhov M. M., Sharapov I. R. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2015, no 7.

32. Kashnikov Yu. A., Ashikhmin S. G., Shustov D. V., Kondrat'ev S. A., Utochkin Yu. V. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2016, no 5.

33. Kashnikov Yu. A., Shustov D. V., Yakimov S. Yu., Krasil'nikova N. B. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2015, no 4.
34. Khural H., Rai U. R., Kumar R., Marpaung B., Faulkner A., Kumar R. Limitations of using smart wells to achieve waterflood conformance in stacked heterogeneous reservoir: case stady from piltun field. Offshore Technology Conference Asia. 2016.
35. Kizim O. V., Marchenko I. R. *Molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya instituta «TatNIPIneft'»*: sbornik nauchnykh trudov (Tatnipineft Institute's Youth Conference: Collection of scientific papers), 2014.
36. Aleksandrov S. I., Gogonenkov G. N., Pasynkov A. G. *Razrabotka i ekspluatatsiya neftyanykh mestorozhdeniy*. 2007, no 3.
37. Kulagin A., Kazbulatov I., Rubtsova A. Sposoby kontrolya GRP v Zapadnoy Sibiri. *ROGTEC*. 2013.
38. Grishin P. A., Kovalev K. M. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2016, no 6.
39. Lukin S. V., Esipov S. V., Zhukov V. V., Ovcharenko Yu. V., Khomutov A. Yu., Shevchuk T. N., Suslyakov I. V. *Neftyanoe khozyaystvo*. 2016, no 6.
40. Utochkin Yu. V., Rybka V. F., Gulyaev P. N., Gubina A. I., Nekrasov A. S. *Nedra i TEK Sibiri*, 2015, no 5.
41. Kerusov I. N. *Seysmicheskie tekhnologii*. 2014.
42. Lovchikov A. V., Udalov A. E., Belyavskiy Yu. G. *Vestnik MGTU*. 2007. t. 10, no 2.
43. Solovyov Y. V., Alekseev B. G., etl. Microseismic monitoring of non-proppant acid hydraulic fracturing in horizontal well. Horizontal wells, first scientific workshop. 2015.

НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Радченко Д.Н., Лавенков В.С., Лавриненко А.А. и др.
Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Выпуск 5.
Год: 2016
Страниц: 88
ISSN 0236-1493
UDK: 622

Приведены отдельные статьи, содержащие результаты исследований по направлению комплексного, экологически сбалансированного освоения рудных месторождений для устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России. Объектами исследований являются месторождения многокомпонентных руд Южного Урала, угля Западной Сибири, железо-рудные месторождения. Приводятся результаты имитационного моделирования горнотехнических систем, раскрыт инструментарий и принципы построения моделей, а также результаты проверки их адекватности реальным условиям. Получены отдельные закономерности функционирования горнотехнических систем с полным экологически сбалансированным циклом комплексного освоения месторождений полезных ископаемых. Развиты направления, связанные с повышением промышленной, экологической безопасности и энергетической эффективности освоения недр в части технологий подготовки горных массивов к выемке, переработки отходов обогащения с извлечением цветных и благородных металлов, изыскания альтернативных источников энергии, применения нового оборудования – мобильного, модульного, конкурентоспособного.